

# Institutionalisiertes Deutsches Quanten-Ökosystem



## Schlüsseltechnologie: Quantentechnologie

### 1) Executive Summary

Die Nutzbarmachung der Quantentechnologien gilt als eine der größten Chancen im 21. Jahrhundert. Sie ermöglicht sichere Kommunikation, leistungsstarkes Quantencomputing und präzise Messtechnik. Potenzielle Anwendungen sind beispielsweise neue Medikamente und neue Verfahren zur 3D-Bildgebung in der Medizin.

Daher wurden und werden Quantentechnologien in Deutschland und der Welt stark gefördert und sind bei uns auch in Forschungseinrichtungen exzellent abgebildet, unter anderem mit mehreren Nobelpreisträgern. Nun kommt es darauf an, die Wertschöpfung in Deutschland zu sichern und auszubauen und dabei auch Abhängigkeiten von anderen Ländern wie den USA oder China zu reduzieren.

Hier schlagen wir drei Projekte vor, die doppelten Gewinn für unsere Nation versprechen: (a) Adressierung von »White Spots«, also hochrelevanten Feldern, die bisher allenfalls peripher oder nur im Bereich der Grundlagen gefördert wurden und (b) Demonstration der Bündelung der Kräfte in Deutschland, um mit vorhandenen Ressourcen den bestmöglichen Sprung bei den ausgewählten Quantentechnologiefeldern zu erreichen.

**Universal-Kleinsatelliten für Quanteninformationstechnik:** Für die Quantenkommunikation und das vernetzte Quantencomputing sind optische Links unentbehrlich, bevorzugt per Satellit. Es gibt hierzu laufende Vorhaben, welche die Machbarkeit zeigen und erste High-End-Space-Produkte ermöglichen. Für einen großen Markterfolg ist aber noch ein wichtiger Schritt zu gehen: Die jüngeren Erfolge des »New Space« müssen mit der Quantentechnologie kombiniert werden: Aus kostengünstigen Komponenten zusammengebaute Satelliten schaffen die Voraussetzung zur Serienfertigung und damit zum wirtschaftlichen Betrieb eines Netzes durch

Unternehmen. Wir schlagen vor, einen entsprechenden Kleinsatelliten zu entwickeln, der weniger als 1 Mio. € je Satellit kostet. Dafür wird es nötig sein, photonische integrierte Schaltkreise weiterzuentwickeln und einzusetzen, welche dann in Masse günstig zu fertigen sind. Auch geht es um die Qualifikation des kompletten Satelliten für den Einsatz im Weltraum, anstatt jede Komponente einzeln zu prüfen. Diese Satelliten sollen so universell konzipiert werden, dass sie auch Zusatzaufgaben zur Erdbeobachtung übernehmen können, z. B. im Kontext Sicherheit und Klima.

#### **Universal-Software-Plattform für Quantencomputer:**

Beim Weg zum Quantencomputer werden unterschiedliche Hardwarekonzepte verfolgt und gefördert. Jedoch erhält die Entwicklung von Software bislang zu wenig Aufmerksamkeit. Bei den PCs übersteigen die Umsätze mit Software (Beispiel Microsoft) die Hardwarekosten deutlich. Das wird auch bei Quantencomputern so sein. Hier versuchen schon jetzt insb. amerikanische Unternehmen, Standards zu schaffen. Noch besteht die Chance, europäische Alternativen zu etablieren: Dafür ist die Entwicklung von Algorithmen zur Simulation und Optimierung inkl. Benchmarking sowie zur sicheren Übertragung von Quantenzuständen als europäische Tools erforderlich. Hierzu müssen wir in Software investieren, die im Sinne von Software-Hardware Co-Design mittels verschiedener Layer sehr flexibel alle unterschiedlichen Quantencomputertypen steuern kann, hohe Leistung bietet und auf die Vernetzung mehrerer Rechner ausgerichtet ist – analog zum Erfolg der Grafikprozessoren (Beispiel Nvidia).

**Kapazitäten orchestrieren und bündeln:** In Deutschland haben wir eine sehr rege Quanten-Community, an Universitäten, bei der Fraunhofer-Gesellschaft, bei der Max-Planck-Gesellschaft, in der Helmholtz-Gemeinschaft und der DLR sowie bei zahlreichen Unternehmen. Hier sehen wir Potenziale, durch mehr Interaktion, Kommunikation und Transparenz zu

stärkerer Schlagkraft zu kommen. Es ist im Interesse aller, Redundanzen zu vermeiden und Erfahrungen zu teilen. Dies bei einem verständlichen Wettbewerb zwischen Einrichtungen, Forschenden, Unternehmen und Bundesländern zu erreichen, ist nicht einfach, aber für globale Wettbewerbsfähigkeit essenziell. Wir schlagen vor, ein Governance-Modell zu entwickeln, das Kooperationen fördert und Redundanzen vermeidet. Dieses Modell wollen wir zunächst prototypisch für die beiden oben genannten Unterfangen einsetzen und die gesamte Community einbinden. Das »Role Model« für den Umgang miteinander kann dann für alle Gebiete der Quantentechnologie eingesetzt werden.

## Ziele und Ansatz:

### 1. Kleinsatelliten für Quantenkommunikation

- Entwicklung modularer, kostengünstiger Kleinsatelliten zur sicheren Übertragung von Quantenzuständen oder allgemein von Informationen
- Aufbau einer Infrastruktur zur Parallelisierung/Zusammenschaltung von Quantencomputern
- Anwendungen in sicherer Kommunikation, Computing aber auch Erdbeobachtung

### 2. Pan-europäische Programmierplattform für Quantencomputing

- Entwicklung einer Plattform für Quantenprogrammierung, inklusive der Bereitstellung algorithmischer Tools, welche der Community zugänglich gemacht wird und alle Hardware-Quantencomputer-Systeme adressiert
- Optimierung der Nutzung verteilter Quantenressourcen durch Bündelung räumlich verteilter Quantencomputer

### 3. Orchestrierung der Quanten-Forschung und -Entwicklung in Deutschland zur allseitigen Nutzung

- Integration von Standards und Governance-Ansätzen zur Unterstützung der Hauptprojekte
- Entwicklung eines Quantenatlas und Matchmaking-Tools zur Vernetzung von Akteuren

## Innovationspotenziale:

- Quanteninformation: Schaffung der Voraussetzungen zum Aufbau einer Infrastruktur für Quanten-Kommunikation und vernetztes Quantencomputing
- Technologische Souveränität: Reduzierung der Abhängigkeit von nicht-europäischen Technologien
- Nachhaltigkeit: Entwicklung ressourcenschonender Technologien und effizienter Netzwerke
- Wirtschaftliche Chancen: Beschleunigung der Entwicklung marktfähiger Quantenanwendungen und Förderung neuer Geschäftsmodelle zum Bau von Quantenmaschinen

## Förderbedarf und Zeithorizont:

- Gesamtkosten: ca. 100 Mio. € über fünf Jahre
- Zeithorizont: erste Ergebnisse innerhalb von drei Jahren, vollständige Umsetzung in fünf Jahren

## 2) Erläuterungen

Das Projekt »Institutionalisiertes Deutsches Quantenökosystem« kombiniert drei zentrale Initiativen: die Entwicklung von Kleinsatelliten für die Quantenkommunikation, die Schaffung einer pan-europäischen Programmierplattform für Quantencomputing und die Unterstützung durch Governance- und Standardisierungsmaßnahmen. Ziel ist es, Deutschland als globalen Vorreiter in der Quanteninformationstechnik zu etablieren, technologische Souveränität zu sichern und wirtschaftliches Wachstum zu fördern.

### Wirtschaftlicher und strategischer Nutzen

#### Wertschöpfung:

- Schaffung eines Standards für günstige und breit einsetzbare Kleinsatelliten
- Aufbau neuer Märkte zur Quantenkommunikation und für Quantencomputing-Software
- Exportchancen durch Kleinsatelliten und Softwarelösungen für Quantenvernetzung
- Stärkung der deutschen Raumfahrtindustrie und des Sektors Information und Kommunikation

#### Zielmärkte:

- Große Industriezweige wie Logistik, Finanzsysteme und Verteidigung profitieren direkt
- KMUs erhalten Zugang zu Quantenressourcen und können neue Geschäftsmodelle entwickeln

#### Strategische Vorteile:

- Aufbau technologischer Souveränität und Unabhängigkeit von nicht-europäischen Anbietern

- Sowohl Quanten-Hardware als auch -Software erreichen Spitzenleistungen und müssen vereint werden, um globale Standards für Wertschöpfung zu schaffen
- erhöhte Attraktivität für internationale Investitionen und Spitzenkräfte

#### Quantifizierbarer Impact:

- Kleinsatelliten: Entwicklung soll sich als Standard durchsetzen – mehr als 50 % Marktanteil bei »Quantensatelliten« als Ziel
- Programmierplattform: Ziel ist eine europäische Toolbox von Quanten-Algorithmen
- Governance: Vermeidung von Doppelstrukturen und effizientere Nutzung von Fördermitteln

### Förderstruktur und Sub-Themen

#### Kleinsatelliten für Quantenkommunikation:

- Entwicklung modularer, kostengünstiger Kleinsatelliten zur sicheren Übertragung von Quantenzuständen oder allgemein optischen Signalen
- Anwendungen in sicherer Kommunikation, globaler Zeitsynchronisierung und Erdbeobachtung
- Nutzung bestehender Fraunhofer-Kompetenzen (z. B. Satellit ERNST) und Kooperation mit deutschen Launch-Providern

#### Pan-europäische Programmierplattform:

- Entwicklung einer Open-Source-Plattform für hardware-unabhängige Quantenprogrammierung
- Integration bestehender europäischer Lösungen, Schaffung eines »Abstraction Layers« für Quantenhardware

und Design von Quanten-Algorithmen zur Simulation und Optimierung

- Förderung der Nutzung verteilter Quantenressourcen und Unterstützung von KMUs

#### **Governance und Standards:**

- Entwicklung eines Quantenatlas und eines Matchmaking-Tools zur Vernetzung von Akteuren
- Konsolidierung regionaler Roadmaps und Abstimmung mit einer nationalen Strategie
- Monitoring globaler Entwicklungen und Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen

#### **Infrastruktur:**

- Aufbau von Testbeds für die sichere Übertragung von Quantenzuständen und die Vernetzung von Quantencomputern
- Integration von Quantenhardware in High-Performance Computing Zentren im Rahmen einer »Next Generation Computing«-Strategie

- Synergien mit anderen Technologien wie photonischen Netzwerken und Laserinfrastrukturen

#### **Partnernetzwerk**

##### **Verantwortlichkeiten:**

- Fraunhofer-Institute führen die Entwicklung von Kleinsatelliten, Softwarelösungen und Governance-Modellen durch

Industriepartner (z. B. Start-ups, Telekommunikationsanbieter) treiben die Kommerzialisierung voran

- Politische Unterstützung durch Bundesministerien und europäische Förderprogramme

##### **Netzwerk:**

- Zusammenarbeit mit deutschen Quanteninitiativen (z. B. Munich Quantum Valley, QuantumBW, Quantum Valley Lower Saxony)
- Integration europäischer Partner über Programme wie QUTAC, QBN und QuantERA
- Einbindung von KMUs und Start-ups zur Förderung von Innovationen und Skalierung

## Über die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft. Seit ihrer Gründung als gemeinnütziger Verein im Jahr 1949 nimmt sie eine einzigartige Position im Wissenschafts- und Innovations-system ein.

Knapp 32 000 Mitarbeitende an 75 Instituten und selbstständigen Forschungseinrichtungen in Deutschland erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,6 Mrd. €. Davon entfallen 3,1 Mrd. € auf das zentrale Geschäftsmodell von Fraunhofer, die Vertragsforschung. Im Vergleich zu anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen bildet die Grundfinanzierung durch Bund und Länder lediglich das Fundament des jährlichen Forschungshaushalts. Sie ist die Basis für wegweisende Vorlauftforschung, die in den kommenden Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft bedeutend wird. Das entscheidende Alleinstellungsmerkmal ist der hohe Anteil an Wirtschaftserträgen, der Garant ist für die enge Zusammenarbeit mit Wirtschaft und Industrie und die stetige Marktorientierung der Fraunhofer-Forschung: 2024 beliefen sich die Wirtschaftserträge auf 867 Mio. € des laufenden Haushalts. Ergänzt wird das Forschungsportfolio durch im Wettbewerb eingeworbene öffentliche Projektmittel, wobei eine ausgewogene Balance zwischen öffentlichen und wirtschaftlichen Erträgen angestrebt wird.

## Kontakt

### Herausgeber

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.  
Hansastraße 27 c, 80686 München  
<https://www.fraunhofer.de>

### Ansprechpersonen

Prof. Dr. Constantin Häfner  
Vorstand für Forschung und Transfer  
[Constantin.haefner@zv.fraunhofer.de](mailto:Constantin.haefner@zv.fraunhofer.de)

Prof. Dr. Karsten Buse  
Vorsitzender des Verbunds Light & Surfaces  
[Karsten.buse@ipm.fraunhofer.de](mailto:Karsten.buse@ipm.fraunhofer.de)

© Fraunhofer-Gesellschaft e. V., München 2025